

Моделирование носовой части фюзеляжа, выполненной из композиционных материалов, с помощью систем CAD/CAM/CAE

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Ключевые слова: композиционный материал, фюзеляж, моделирование, шпангоут, стрингер, панель, сборка.

Ключові слова: композиційний матеріал, фюзеляж, моделювання, шпангоут, стрингер, панель, збірка.

Key words: composite material, fuselage, modeling, frame, ribs, panel, assembly.

При создании современных авиационных конструкций наряду с традиционными материалами широко применяются композиционные (КМ), что обусловлено широким спектром их физико-механических свойств, в частности, высокими показателями удельной прочности и жесткости, радиопрозрачностью, стойкостью к воздействию агрессивных сред и т.д. Кроме того, за счет выбора компонентов, их концентрации, размеров, формы и ориентации свойства КМ можно регулировать, добиваясь оптимальных значений. Чаще всего из композитов выполняют элементы конструкции планера самолета, не несущие значительных нагрузок: управляющие поверхности, крышки различных люков, обтекатели, зализы и т.д. Однако внедрение КМ в производство более ответственных деталей, узлов и агрегатов ЛА является одним из наиболее приоритетных направлений работы авиационных конструкторских бюро во всем мире.

В последние десятилетия при изготовлении и сборке пространственных каркасных конструкций с оболочками в основном применялся плазово-шаблонный метод. Этот метод предполагает создание единой системы жестких носителей форм и размеров взаимно сопрягаемых элементов конструкции для изготовления и геометрической увязки их между собой. При создании этой системы производится математическое описание поверхностей и кривых, которые, как правило, имеют кривизну выше второго порядка, а также изготовление шаблонов, служащих, в свою очередь, базой при создании приспособлений для изготовления деталей и сборочной оснастки. Эти технологические процессы достаточно трудоемки и продолжительны по времени.

По этому в авиации активно идет процесс введения в практику методов компьютерного моделирования и технологической подготовки производства на основе единого аналитического эталона изделия (модели полного электронного определения изделия). Компьютерное моделирование позволяет существенно снизить время и затраты на производство авиационных конструкций.

Не смотря на то, что проблемам моделирования авиационных конструкций с помощью CAD/CAM/CAE систем посвящено немало публикаций [1-3], довольно много нюансов и задач, связанных с созданием моделей полного электронного определения изделий, изготавливаемых из композиционных материалов, остаются непроработанными.

Целью работы являлась отработка на практике методики создания модели носовой секции фюзеляжа, выполненной из КМ. Итоговая модель должна была сохранять сквозную параметризацию для выполненных построений и полную ассоциативность, как для всех элементов модели, так и для перекрестных ссылок между файлами, использовать дерево сборки, полностью аналогичное структуре спецификации, а также обеспечивать базирование построений элементов носовой секции фюзеляжа от ее теоретической поверхности.

В дополнение к этому при трехмерном моделировании появляется возможность поиска и устранения допущенных в исходных чертежах ошибок и неточностей.

Исходными данными для моделирования послужили теоретическая поверхность носовой секции фюзеляжа как составная часть мастер-геометрии самолета (рис. 1 и 2), а также чертеж на моделируемую секцию.



Рис. 1. Мастер-геометрия самолета

Помимо этого, в качестве исходных данных выступал целый ряд нормативных документов, регламентирующих принципы и методы моделирования авиационных конструкций. Теоретическая поверхность была задана точками, координаты которых представлены в таблице.

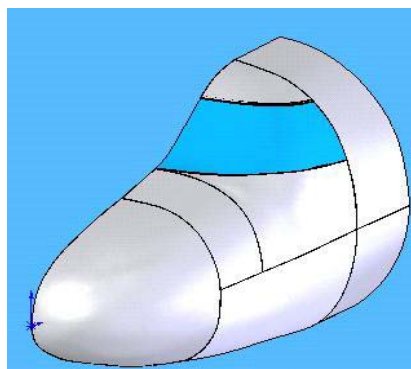


Рис. 2. Теоретическая поверхность носовой секции фюзеляжа

Координаты точек, задающих теоретическую поверхность носовой части
фюзеляжа

X	Y	Z	X	Y	Z
192	474	0	2302	347	1312
192	457	144	2302	-24	1274
192	292	382	2302	-424	1103
192	48	478	2302	-683	766
192	-96	430	2302	-791	336
192	-278	192	2302	-812	0
192	-305	0	2686	1675	0
576	714	0	2686	1637	372
576	691	263	2686	1523	785
576	516	583	2686	1048	1232
576	219	760	2686	572	1362
576	-41	775	2686	280	1378
576	-271	670	2686	-206	1264
576	-491	238	2686	-603	946
576	-509	0	2686	-791	447
1151	946	0	2686	-831	0
1151	927	384	3070	1993	0
1151	768	735	3070	1955	405
1151	470	984	3070	1850	766
1151	64	1067	3070	1251	1263
1151	-204	1002	3070	699	1401
1151	-489	789	3070	311	1412
1151	-641	432	3070	-250	1263
1151	-677	0	3070	-643	911
1535	1057	0	3070	-835	300
1535	1046	330	3070	-860	0
1535	929	756	3453	2135	0
1535	639	1046	3453	2072	382
1535	236	1176	3453	1830	934
1535	-129	1149	3453	1452	1245
1535	-543	865	3453	942	1420
1535	718	303	3453	457	1458
1535	737	0	3453	-56	1366
1919	1163	0	3453	-441	1165
1919	1147	413	3453	-764	697
1919	948	910	3453	-848	342
1919	624	1159	3453	-881	0
1919	294	1243	4029	2206	0
1919	-106	1211	4029	2110	535
1919	-516	973	4029	1675	1169
1919	-735	484	4029	1149	1427
1919	-779	0	4029	840	1477
2302	1343	0	4029	213	1464
2302	1289	574	4029	-430	1140
2302	1145	927	4029	-844	401
2302	775	1209	4029	-514	0

Моделируемая секция фюзеляжа представляет собой сборку, состоящую из панелей, выполненных как многослойные обшивки, с вырезом под фонарь кабины пилотов. Панели подкреплены силовым набором, включающим шпангоуты, стрингеры и рифты. Вырез под фонарь по контуру укреплен силовыми балками. В зонах вырезов, по торцам панели, а также в местах установки диафрагм и стрингеров выполнено локальное увеличение толщины обшивки. Панель изготавливается выкладкой тканей в форму под углом 0 и 45° с последующей термообработкой в печи. Все слои ткани выкладываются с необходимыми технологическими припусками. После термообработки панель отправляется на механическую обработку. Формовка стрингеров производится аналогично. Шпангоуты и силовые балки изготавливаются поэлементно, как показано на рис. 3. Каждый из элементов выкладывается в отдельную форму.

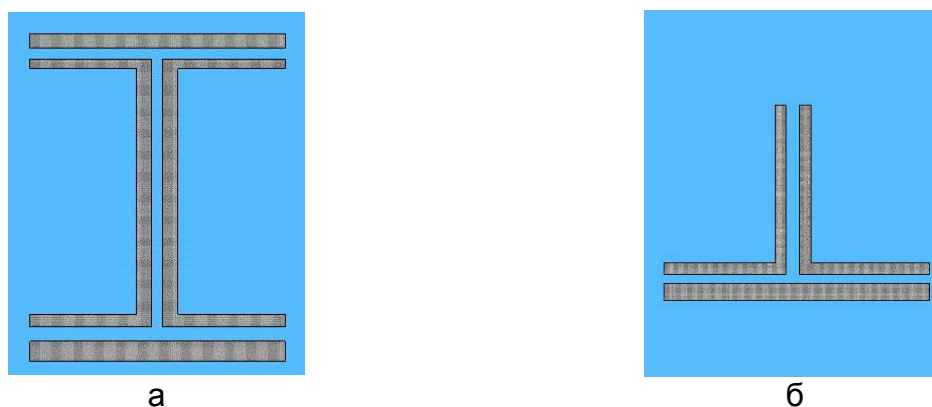


Рис. 3. Составные элементы шпангоута (а) и силовой балки (б)

После термообработки в печи элементы шпангоута склеиваются и совместно подвергаются механической обработке. Основные конструкционные материалы - несколько типов углеродоволокна.

Для уменьшения времени осуществления работ отдельные панели и силовые элементы моделировались независимо друг от друга. Схема параллельно-последовательной структуры моделирования представлена на рис. 4. Эта схема позволяет одновременно работать над созданием модели носовой секции фюзеляжа группе разработчиков.

Учитывая особенности моделируемых объектов (малые толщины при больших протяженностях, а также сложные пространственные формы), моделирование проводилось от поверхностей, т.е. основой для генерирования солида была не плоская геометрия эскиза, а пространственная поверхность.

Процесс моделирования состоит из характерных последовательных действий.

Первым действием при моделировании конструкции отсека являлось создание его теоретической поверхности, а также ассоциативной связи между файлами элементов модели и управляющими их геометрией объектами из файла теоретической поверхности носовой секции фюзеляжа. Так как моделируемые элементы, в свою очередь, также являются сборками, для упрощения контроля ассоциативных связей в подсборке выделяется ведущая деталь и все нужные связи устанавливаются для ее файла, а для остальных деталей элемента ассоциативные связи устанавливаются только с ведущей деталью.

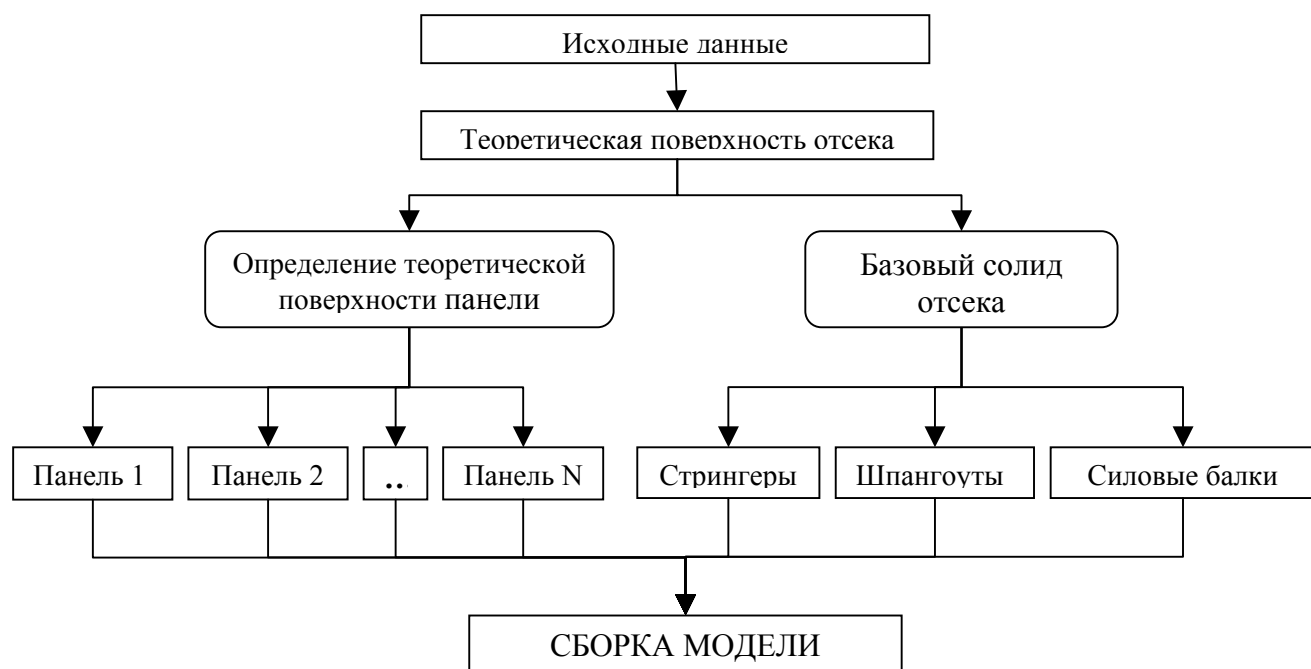


Рис. 4. Схема параллельно-последовательной структуры моделирования носовой секции фюзеляжа

Рассмотрим моделирование панелей. Сначала на основе теоретической поверхности носовой секции фюзеляжа создавались вспомогательные поверхности с целью использования их в качестве основы для генерации солидов. Далее выполнялась доработка базовой геометрии и базовым поверхностям придавалась толщина в соответствии с количеством слоев и типом используемого композиционного материала, т.е. формировались базовые модели панелей (рис. 5).

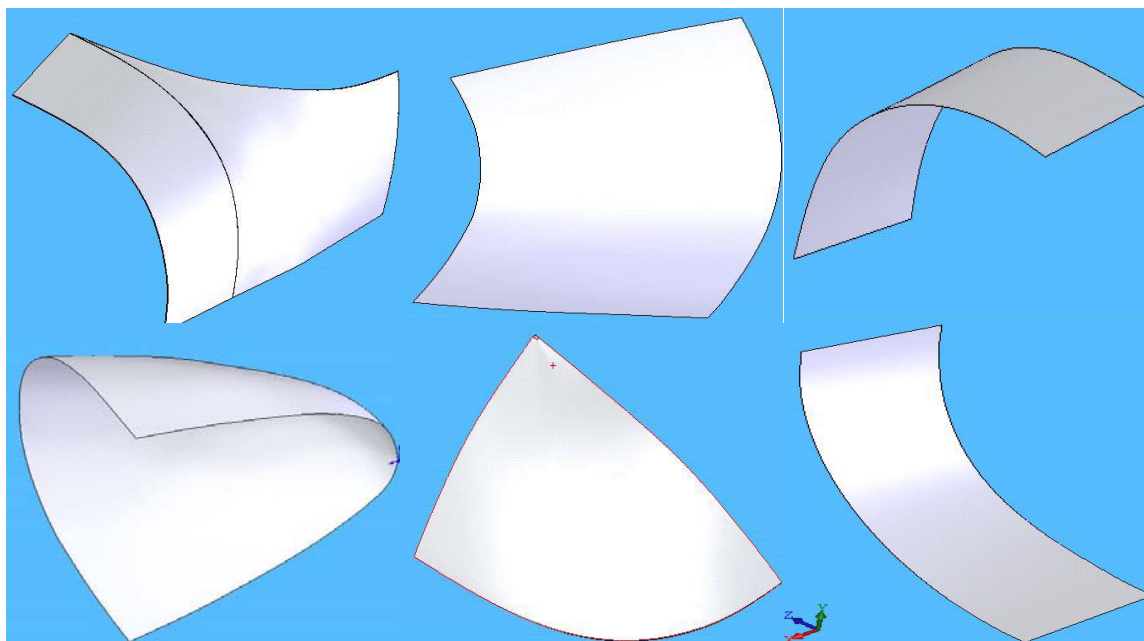


Рис. 5. Базовые модели панелей

Затем производилась обрезка припусков, моделировались радиусы скруглений и осуществлялась обрезка торцов деталей.

Параллельно с моделированием панелей осуществлялось создание моделей элементов продольного и поперечного силового наборов: шпангоутов, стрингеров и силовых балок. К примеру, для модели шпангоута управляющими объектами были теоретический контур фюзеляжа, след плоскости шпангоута на теоретическом контуре и сама плоскость шпангоута. Помимо этого необходимо было установить ассоциативную связь и с объектами, от которых на базовом теле шпангоута выполняются усиления и вырезы.

Генерируя толщину теоретической поверхности, получаем базовый солид носовой секции фюзеляжа (рис. 6), который является вспомогательным элементом для дальнейшего построения деталей силового набора.

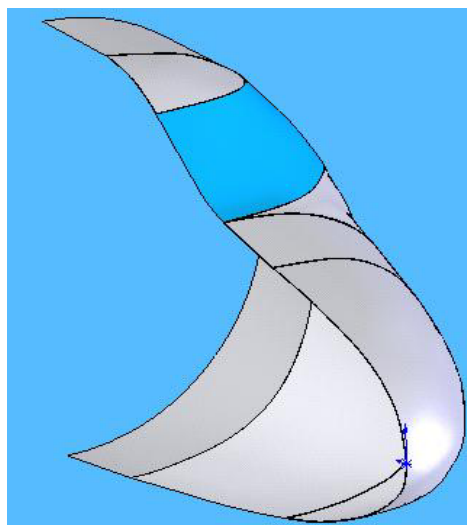


Рис. 6. Базовый солид носовой секции фюзеляжа

Для моделирования шпангоутов (рис. 7 и 8) в качестве исходных данных необходимы теоретическая поверхность всей носовой секции, которой была придана толщина панелей, и след на этой поверхности от плоскостей расположения шпангоутов.

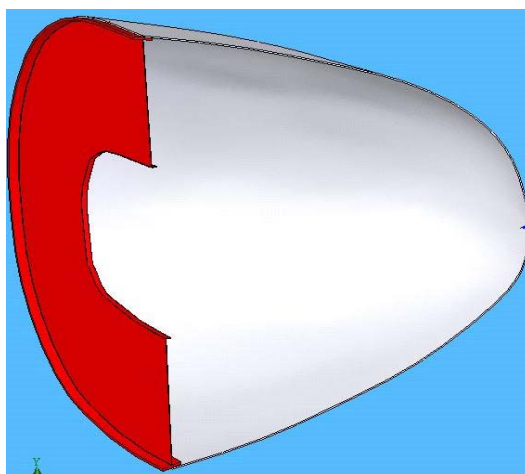


Рис. 7. Шпангоут-перегородка

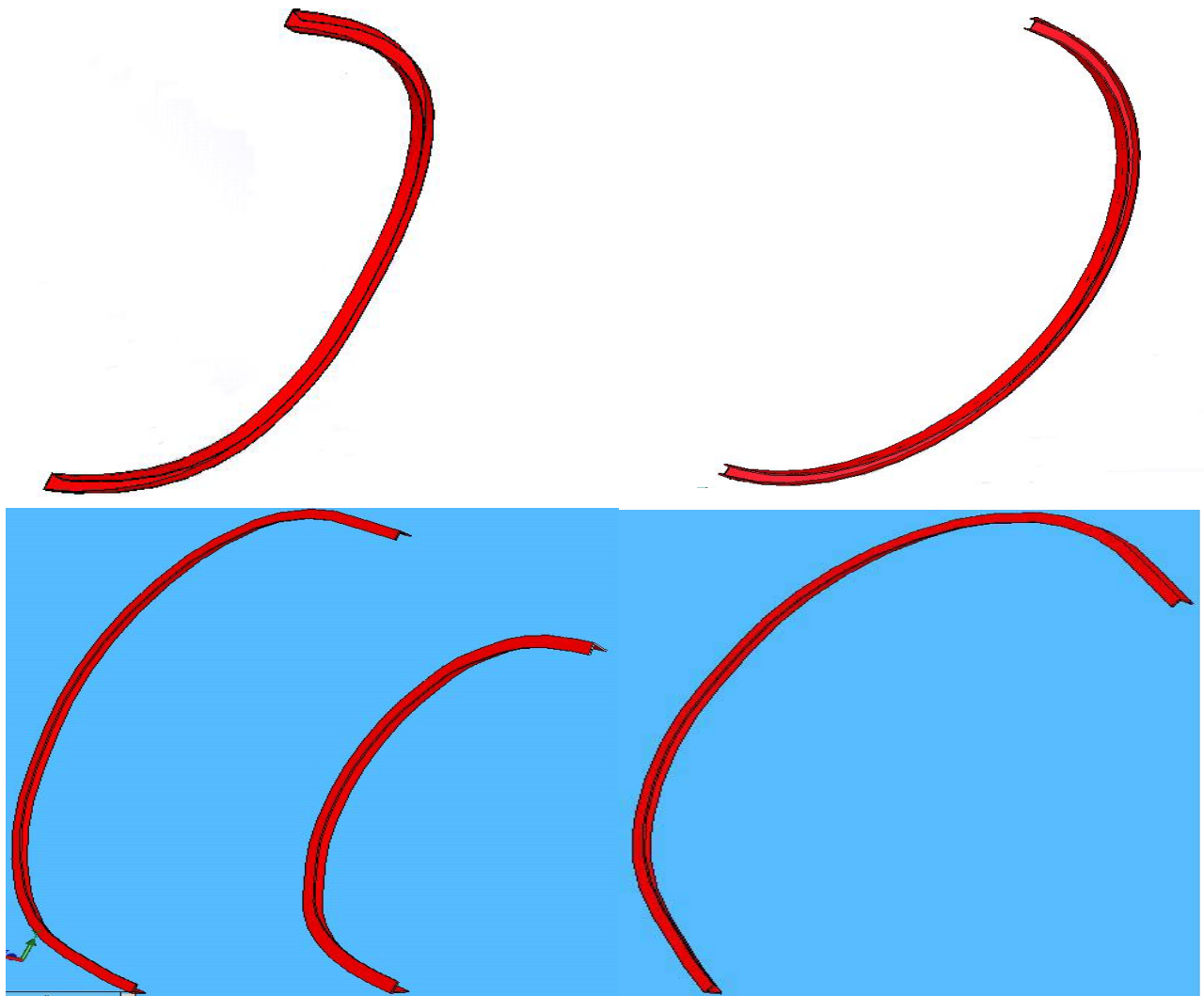


Рис. 8. Модели шпангоутов

По такому же принципу производилось моделирование стрингеров и силовых балок (рис. 9 и 10).

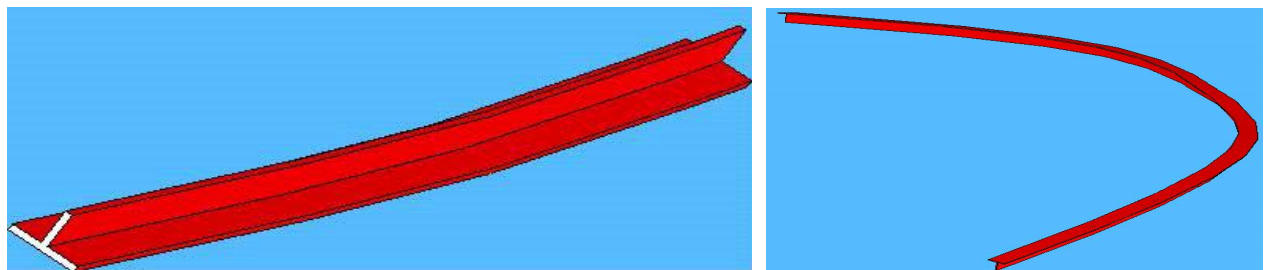


Рис. 9. Силовые балки

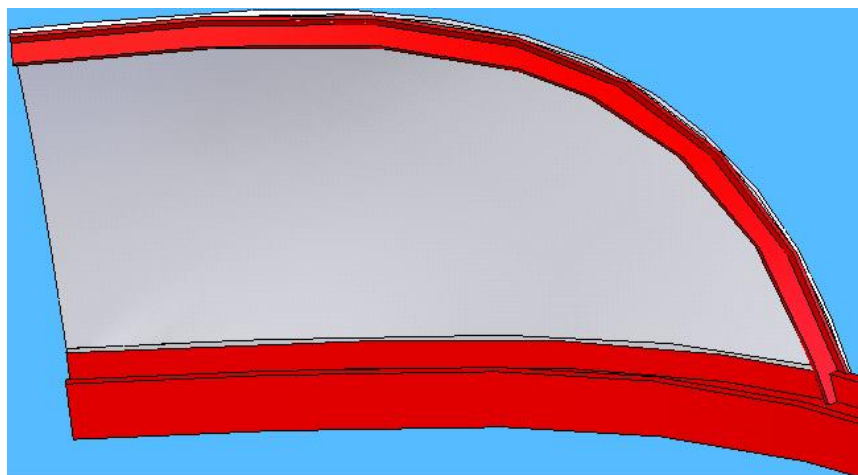


Рис. 10. Силовая балка в сопряжении с панелью и шпангоутом

На рис. 12 показан силовой пол в сборке носовой секции фюзеляжа. Силовой пол подкреплен продольным стрингерным набором и поперечными силовыми балками, передающими усилия на шпангоуты.

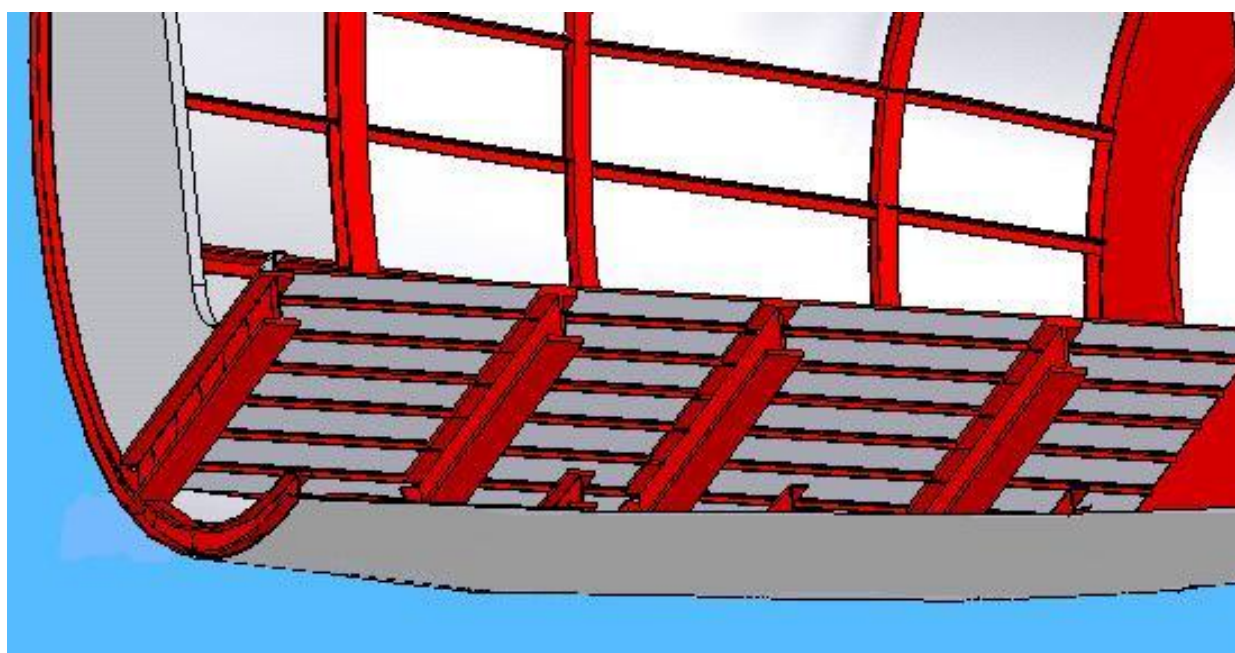


Рис. 11 Силовой пол в сопряжении со шпангоутами

После завершения моделирования всех элементов сборки был создан сборочный файл (рис. 13).

Проведенные работы позволили отработать методику моделирования элементов конструкции носовой части фюзеляжа, изготовленных из композиционных материалов.

Отработана на практике организация параллельно-последовательного процесса моделирования изделия на основе единого источника первичной информации.

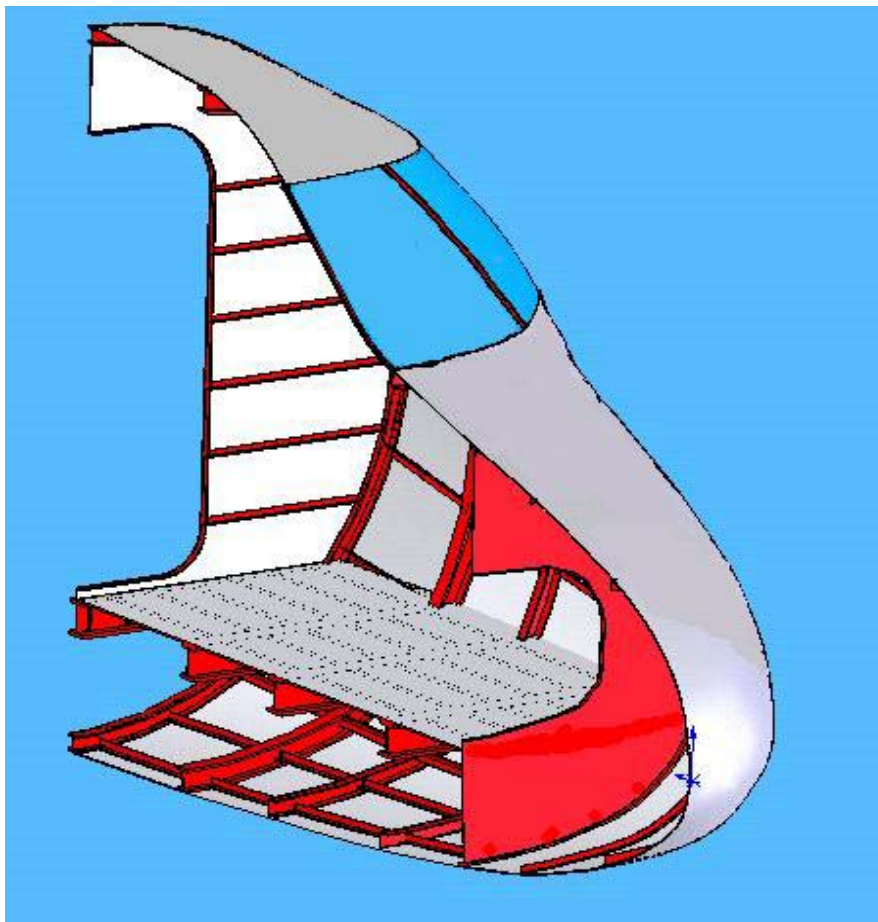


Рис. 12. Носовой отсек фюзеляжа

Список литературы

1. Технология создания твердотельной модели монолитной панели крыла с использованием компьютерной интегрированной системы UNIGRAPHICS/ А. Г. Гребенников, О. И. Парфенюк, В. В. Парфенюк, А. М. Гуменный //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. Аэрокосм. Ун-та «ХАИ».- Вып. 4. - Х., 1999. – С. 3 – 14.
2. Моделирование панелей хвостовой части фюзеляжа, выполненных из композиционных материалов, при помощи систем CAD/CAM/CAE/ Д. С. Кива, Ю. В. Попов, А. З. Двейрин и др. //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. Аэрокосм. Ун-та «ХАИ».- Вып. 4. - Х., 2001. – С. 31 – 41.
3. Формирование мастер-геометрии планера патрульного летательного аппарата / В. Д. Белый, А. Г. Гребеников, В. В. Парфенюк // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. Аэрокосм. Ун-та «ХАИ».- Вып. 20. - Х., 2003. – С. 44 – 49.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Бетин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 21.01.09.